

DOCKET NO.: 269021US2PCT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Masashi UEDA, et al.

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HEREWITH

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/12722

INTERNATIONAL FILING DATE: October 3, 2003

FOR: METHOD FOR FORMING THIN FILM AND APPARATUS THEREFOR

REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTIONCommissioner for Patents
Alexandria, Virginia 22313


Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

COUNTRY
Japan**APPLICATION NO**
2002-292948**DAY/MONTH/YEAR**
04 October 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/12722. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak
Attorney of Record
Registration No. 24,913
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

Customer Number

22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 08/03)

BEST AVAILABLE COPY

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

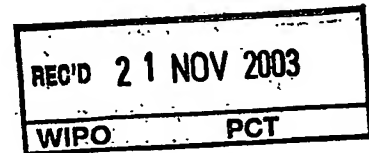
03.10.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年10月 4日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-292948
[ST. 10/C]: [JP2002-292948]



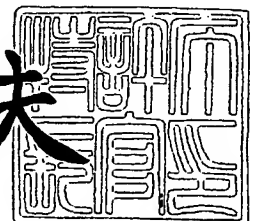
出 願 人
Applicant(s): 石川島播磨重工業株式会社

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 SA2-0791

【提出日】 平成14年10月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C23C 16/509
H01L 21/205

【発明の名称】 プラズマCVD方法およびその装置

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地 石川島播磨重工業株式会社 横浜エンジニアリングセンター内

【氏名】 上田 仁

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地 石川島播磨重工業株式会社 横浜エンジニアリングセンター内

【氏名】 高木 朋子

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地 石川島播磨重工業株式会社 横浜エンジニアリングセンター内

【氏名】 伊藤 憲和

【特許出願人】

【識別番号】 000000099

【氏名又は名称】 石川島播磨重工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100083806

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 秀和

【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100087365

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗原 彰

【選任した代理人】

【識別番号】 100079946

【弁理士】

【氏名又は名称】 横屋 赳夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0115289

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ C V D 方法およびその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 平行な 2 本の直線状導体の隣接する一端どうしを電氣的に結合し、他端の一方を高周波電力供給部、他方を接地部とするアンテナ素子を複数個用いて、これらのアンテナ素子の各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並んですべての直線状導体が平面上に等間隔で配置されたアレイアンテナを、成膜室内に設置して使用するプラズマ C V D 方法であって、

前記アレイアンテナと、このアレイアンテナの両側において前記平面に平行に配置される成膜用の各基板との距離を、前記直線状導体どうしのピッチと同程度に設定して前記各基板に成膜することを特徴とするプラズマ C V D 方法。

【請求項 2】 平行な 2 本の直線状導体の隣接する一端どうしを電氣的に結合し、他端の一方を高周波電力供給部、他方を接地部とするアンテナ素子を複数個用いて、これらのアンテナ素子の各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並んですべての直線状導体が平面上に等間隔で配置されたアレイアンテナを、成膜室内に設置して使用するプラズマ C V D 方法であって、

前記成膜室内の原料ガスの圧力を 6 0 P a 以下に保って基板に成膜することを特徴とするプラズマ C V D 方法。

【請求項 3】 平行な 2 本の直線状導体の隣接する一端どうしを電氣的に結合し、他端の一方を高周波電力供給部、他方を接地部とするアンテナ素子を複数個用いて、これらのアンテナ素子の各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並んですべての直線状導体が平面上に等間隔で配置されたアレイアンテナを、成膜室内に設置して使用するプラズマ C V D 方法であって、

前記アレイアンテナと、このアレイアンテナの両側において前記平面に平行に配置される成膜用の各基板との距離を、前記直線状導体どうしのピッチと同程度に設定し、

前記成膜室内の原料ガスの圧力を 6 0 P a 以下に保って前記各基板に成膜することを特徴とするプラズマ C V D 方法。

【請求項 4】 成膜中に必要に応じて、前記基板を、前記アレイアンテナの

直線状導体が並んだ方向に沿って所定ストローク往復動させることを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載のプラズマ CVD 方法。

【請求項 5】 原料ガスの導入口および排気口を有する成膜室と、

平行な 2 本の直線状導体の隣接する一端どうしを電氣的に結合し、他端の一方を高周波電力供給部、他方を接地部とするアンテナ素子複数個が、各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並んですべての直線状導体が平面上に等間隔で配置して構成され、前記成膜室内に設置された少なくとも 1 組のアレイアンテナと、

前記アレイアンテナの両側で成膜される基板を保持して、この両基板をアレイアンテナの前記平面に平行に、かつ、アレイアンテナとの距離を前記直線状導体どうしのピッチと同程度に位置決めする基板ホルダと、
を備えていることを特徴とするプラズマ CVD 装置。

【請求項 6】 前記各アンテナ素子の 2 本の直線状導体のうち高周波電力供給部を端部とする直線状導体の周囲に、筒状で、かつ、その肉厚が必要に応じて設定される誘電体を配置したことを特徴とする請求項 5 記載のプラズマ CVD 装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、例えば太陽電池量産用に好適なプラズマ CVD 方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般に、太陽電池はクリーンなエネルギー源としておおいに期待されているが、その普及を図るためにはコストダウンが不可欠である。そのため、大型基板に高品質で均一膜厚の a-Si (アモルファスシリコン) 薄膜を形成できる薄膜形成装置が望まれている。また、基板に a-Si 薄膜と μ c-Si (微結晶シリコン) 薄膜とを積層したハイブリッド構造とすることで、a-Si 薄膜単独のものに比べて変換効率の向上を図るため、a-Si 薄膜を形成できる薄膜形成装置だけでなく、 μ c-Si 薄膜を形成できる薄膜形成装置も望まれている。

【0003】

このような薄膜形成装置として、従来は、平行平板型（容量結合型）プラズマ CVD 装置が実用化されている。

【0004】

【特許文献 1】

特開昭 59-014633 号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、平行平板型（容量結合型）プラズマ CVD 装置は、高周波電極板と接地電極板とを対向して配置し、接地電極板上に置かれた基板に薄膜を形成するものであるため、高周波一接地電極対を複数枚の基板に分割して用いない限り、1 組の高周波一接地電極対につき 1 枚の基板しか成膜することができないという原理上の制約があり、そのため、成膜室内で一度に複数枚の基板に成膜しようとする、その基板枚数と同組数の高周波一接地電極対を設置しなければならず、成膜室が広い内部空間を必要とするだけでなく、成膜室内を満たす原料ガスも大量に必要となるという問題がある。したがって、現実的な装置としては、成膜室内にせいぜい 2 組の高周波一接地電極対を設けて、一度に 2 枚の基板に成膜するというのが妥当なところである。

【0006】

また、平行平板型（容量結合型）プラズマ CVD 装置は、高周波電極板の大きさおよび接地電極板の大きさが少なくとも基板の大きさ以上でなければならないという原理上の制約があり、そのため、大型基板に成膜しようとする、より大型の高周波電極板および接地電極板が必要となるが、高周波電極板および接地電極板が大きくなればなるほど、全体に均一密度のプラズマを形成することが困難になり、その結果、大型基板全体に均一の膜厚で成膜することはきわめて困難であるという問題がある。

【0007】

このように、平行平板型（容量結合型）プラズマ CVD 装置は、成膜室内で一度に成膜できる基板の枚数にも大きさにも制約があるため、生産性が低い。それ

にもかかわらず、生産性を上げて薄膜形成基板のコストダウンを図ろうとすれば、成膜工程に要する時間を短縮できるように成膜速度を上げるしかないが、成膜速度を無理に上げれば膜質の低下が避けられないという問題がある。

【0008】

したがって、平行平板型（容量結合型）プラズマCVD装置では、良好な膜質のa-Si薄膜またはこれに積層する μ c-Si薄膜を均一の膜厚で形成した基板を量産することは非常に難しく、量産によるコストダウンを実現することは困難であるという問題があった。

【0009】

この発明の課題は、上記従来のものもつ問題点を排除して、平行平板型（容量結合型）プラズマCVD装置とは全く異なるアンテナ式の誘導結合型プラズマCVD装置を用いることで、平行平板型（容量結合型）プラズマCVD装置に比べて、成膜室内で一度に成膜できる基板の枚数を増やせるとともに、成膜できる基板の大型化が容易で生産性を向上させることができ、これにより、良好な膜質の例えばa-Si薄膜またはこれに積層する μ c-Si薄膜を均一の膜厚で形成した大型基板を量産することが可能で、薄膜形成基板のコストダウンを図ることができ、しかもこの生産性の向上を、良好な膜質を得るために必要な成膜時間を削減しないで達成することのできるプラズマCVD方法およびその装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

この発明は上記課題を解決するものであって、請求項1に係る発明は、平行な2本の直線状導体の隣接する一端どうしを電氣的に結合し、他端の一方を高周波電力供給部、他方を接地部とするアンテナ素子を複数個用いて、これらのアンテナ素子の各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並んですべての直線状導体が平面上に等間隔で配置されたアレイアンテナを、成膜室内に設置して使用するプラズマCVD方法であって、前記アレイアンテナと、このアレイアンテナの両側において前記平面に平行に配置される成膜用の各基板との距離を、前記直線状導体どうしのピッチと同程度に設定して前記各基板に成膜するプラズマCVD方法

である。

【0011】

請求項2に係る発明は、平行な2本の直線状導体の隣接する一端どうしを電氣的に結合し、他端の一方を高周波電力供給部、他方を接地部とするアンテナ素子を複数個用いて、これらのアンテナ素子の各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並んですべての直線状導体が平面上に等間隔で配置されたアレイアンテナを、成膜室内に設置して使用するプラズマCVD方法であって、前記成膜室内の原料ガスの圧力を60Pa以下に保って基板に成膜するプラズマCVD方法である。

【0012】

請求項3に係る発明は、平行な2本の直線状導体の隣接する一端どうしを電氣的に結合し、他端の一方を高周波電力供給部、他方を接地部とするアンテナ素子を複数個用いて、これらのアンテナ素子の各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並んですべての直線状導体が平面上に等間隔で配置されたアレイアンテナを、成膜室内に設置して使用するプラズマCVD方法であって、前記アレイアンテナと、このアレイアンテナの両側において前記平面に平行に配置される成膜用の各基板との距離を、前記直線状導体どうしのピッチと同程度に設定し、前記成膜室内の原料ガスの圧力を60Pa以下に保って前記各基板に成膜するプラズマCVD方法である。

【0013】

請求項4に係る発明は、請求項1、2または3記載の発明において、成膜中に必要に応じて、前記基板を、前記アレイアンテナの直線状導体が並んだ方向に沿って所定ストローク往復動させるプラズマCVD方法である。

【0014】

請求項5に係る発明は、原料ガスの導入口および排気口を有する成膜室と、平行な2本の直線状導体の隣接する一端どうしを電氣的に結合し、他端の一方を高周波電力供給部、他方を接地部とするアンテナ素子複数個が、各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並んですべての直線状導体が平面上に等間隔で配置して構成され、前記成膜室内に設置された少なくとも1組のアレイアンテナと、前記

アレイアンテナの両側で成膜される基板を保持して、この両基板をアレイアンテナの前記平面に平行に、かつ、アレイアンテナとの距離を前記直線状導体どうしのピッチと同程度に位置決めする基板ホルダと、を備えているプラズマCVD装置である。

【0015】

請求項6に係る発明は、請求項5記載の発明において、前記各アンテナ素子の2本の直線状導体のうち高周波電力供給部を端部とする直線状導体の周囲に、筒状で、かつ、その肉厚が必要に応じて設定される誘電体を配置したプラズマCVD装置である。

【0016】

【発明の実施の形態】

この発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

図1は、この発明によるプラズマCVD装置の一実施の形態を示す模式的正面図、図2はその側面図である。このプラズマCVD装置1は、アンテナ式の誘導結合型プラズマCVD装置であり、しかも、例えば電力用太陽電池に充分対応可能な大型（大面積）の基板に成膜可能な比較的大型のもので、成膜室10と、成膜室10内に設置されたアレイアンテナ20と、成膜用の基板40を保持する基板ホルダ50とを備えている。

【0017】

成膜室10は、例えば1m角超級の大型の基板40に成膜するために必要な高さと同幅とを有するとともに、このような基板を一度に複数枚（図示の例では6枚）同時に成膜できるように、必要な奥行きを有する空間サイズに構成されている。

【0018】

成膜室10内には、複数組のアレイアンテナ20（図示の例では3組のアレイアンテナ20a、20b、20c）が設置され、各アレイアンテナ20は、複数個（図示の例では6個）のアンテナ素子30で構成される。

【0019】

図3に示すように、各アンテナ素子30は、平行な2本の直線状導体31、3

5の隣接する一端（例えば下端）どうしを結合部材38によって電氣的に結合することで、ほぼU字形をなす往復平行線路状に形成されたものであり、一方の直線状導体31の他端（すなわち上端）を高周波電力供給部とし、他方の直線状導体35の他端（すなわち上端）を接地部とするものである。

【0020】

直線状導体31には、中実のロッドが用いられ、その上端は例えばA1203等の誘電体製のフィードスルー32を介して成膜室10を貫通し、成膜室10の外方に設置された高周波電源11に接続される。また、成膜室10内における直線状導体31の周囲には、例えばA1203等の筒状の誘電体パイプ33が設けられ、この誘電体パイプ33の肉厚は、必要に応じて適宜設定されるものである。

【0021】

一方、直線状導体35には、周面に多数の孔36があいた中空のパイプが用いられ、その上端は成膜室10の枠体を介して接地されるとともに、成膜室10の外方に設置された原料ガス供給源12に連結される。そのため、各アンテナ素子30の中空パイプ状の直線状導体35の上端接地部が、成膜室10の原料ガス導入口として構成されている。

【0022】

このようなアンテナ素子30を複数個（図示の例では6個）用いて、これらのアンテナ素子30、30、…の各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並ぶようにして直線状導体31と直線状導体35を交互に並べるとともに、全個数（6個）のアンテナ素子30、30、…のすべての直線状導体31、35を同一平面（アレイ平面）上に等間隔で配置することで、アレイアンテナ20を構成する。そして、このようなアレイアンテナ20（図示の例では3組のアレイアンテナ20a、20b、20c）が、互いに所定の間隔を隔てて平行になるようにして、成膜室10内に設置されている。そのため、各アレイアンテナ20のアレイ平面は、成膜室10内で互いに所定の間隔を隔てて平行に位置している。

【0023】

基板ホルダ50は、アレイアンテナ20の両側で成膜される2枚の基板40を

保持して、この両基板 40 をアレイアンテナ 20 のアレイ平面に平行に、かつ、アレイアンテナ 20 との距離 D (図 2 参照) を、直線状導体 31、35 どうしのピッチ P (図 1 参照: 例えば約 35 mm) と同程度 (具体的には後述する) に位置決めするものである。図示の例では 3 組のアレイアンテナ 20 a、20 b、20 c が設置してあるため、基板ホルダ 50 は、各アレイアンテナ 20 ごとにその両側に 1 枚ずつで合わせて 2 枚、全体で合計 6 枚の基板 40 を保持して、すべての基板 40 を対応するアレイアンテナ 20 のアレイ平面に平行に、かつ、アンテナ基板間距離 D を直線状導体 31、35 どうしのピッチ P (約 35 mm) と同程度に位置決めしてある。

【0024】

このような基板ホルダ 50 は、すべての基板 40 を保持したまま成膜室 10 に搬入・搬出するため、図示しない適宜の搬送体に支持されて成膜室 10 に搬入・搬出可能に構成されている。そのため、図 1 には示していないが、成膜室 10 の左右の側板は開閉可能に構成されていて、左右いずれか一侧 (例えば左側) の側板を開放して基板ホルダ 50 を搬入する一方、他側 (例えば右側) の側板を開放して基板ホルダ 50 を搬出するようになっている。また、図示していないが、成膜室 10 の例えば下部には、原料ガスを含む室内ガス排気口が設けられている。

【0025】

また、成膜室 10 には、成膜中に各基板 40 の温度が上昇するのを抑制するための制熱装置 13 が設けてある。制熱装置 13 は、例えば、各基板 40 から輻射または熱伝導によって熱を吸収する適宜の吸熱体と、この吸熱体が吸収した熱を成膜室 10 の側壁等へ輻射または熱伝導によって逃がす機構とで構成することができ、また、例えば、流体を媒体とする冷却機能を吸熱体にもたせることによって、この冷却機能つき吸熱体だけで構成することもでき、さらには、例えば、吸熱体なしで、成膜室 10 内の熱を強制的に外へ逃がす廃熱機構だけで構成することもできる。

【0026】

上記のように構成されたプラズマ CVD 装置 1 (アンテナ式の誘導結合型プラズマ CVD 装置) を使用して成膜形成処理を行なうときは、成膜室 10 内の原料

ガスの圧力を 60 Pa 以下に保って成膜プロセスを実行する。

【0027】

すなわち、まず、成膜室10内において、基板ホルダ50によって、すべて（6枚）の基板40を対応するアレイアンテナ20（20a、20b、20c）のアレイ平面に平行に、かつ、アンテナ基板間距離Dを直線状導体31、35どうしのピッチP（約35mm）と同程度（ $D \div P$ ）に位置決めする。

【0028】

つぎに、成膜室10の外方に設置された原料ガス供給源12からアレイアンテナ20（20a、20b、20c）の各アンテナ素子30のすべての直線状導体35内に原料ガスを供給し、すべての直線状導体35の多数の孔36から放出される原料ガスによって成膜室10内を満たし、成膜室10内の原料ガスの圧力を 60 Pa 以下の適正圧力にする。

【0029】

そして、成膜室10内の原料ガス圧力を 60 Pa 以下の適正圧力に保ちながら、成膜室10の外方に設置された高周波電源11からアレイアンテナ20（20a、20b、20c）の各アンテナ素子30のすべての直線状導体31に高周波電力（例えば85MHzのVHF電力）を供給し、すべての直線状導体31およびこれと結合部材38によって電氣的に結合されたすべての直線状導体35の周囲にプラズマを発生させる。

【0030】

以上の成膜プロセスを実行することで、図4（a）に成膜状況を部分的に示してあるように、すべて（6枚）の基板40の表面には原料が微結晶となって成膜されることとなる。

【0031】

この成膜プロセスを実際に行なってみたところ、成膜室10内のすべて（6枚）の基板40の表面全体（全面積）に亘って、良好な膜質の $\mu\text{c-Si}$ （微結晶シリコン）薄膜が均一の膜厚で形成されることが確認された。なお、微結晶シリコンの成膜では、単位面積あたり1kWを超える高周波電力を投入することが要求されるため、成膜中に高密度プラズマに曝されることで、各基板40の温度が

上昇するという現象が発生する。しかし、成膜室 10 には制熱装置 13 が設けてあるため、この制熱装置 13 の作用によって、成膜中の各基板 40 の温度上昇が膜特性に悪影響を及ぼさないよう効果的に抑制されることも確かめられた。

【0032】

また、上記の成膜プロセスにおいて、アンテナ基板間距離 D をいろいろ変更して実験したところ、図 5 (a) (b) に示すような結果が得られた。

【0033】

すなわち、図 5 (a) に示すように、アンテナ基板間距離 D が、直線状導体 31、35 どうしのピッチ P とほぼ同一の約 3.5 mm であるとき、a-Si (アモルファスシリコン) に対する μ c-Si (微結晶シリコン) の割合が最も大きく、そのため結晶性がよく、すぐれた膜質が得られることがわかる。アンテナ基板間距離 D がこれより大きくても、約 4.7 mm 程度までなら、かなり良好な膜質が得られることがわかる。また、アンテナ基板間距離 D が小さい方は図 5 (a) には明示していないが、約 1.7 mm 程度までなら、かなり良好な膜質が得られることを確認した。以上の実験結果から、アンテナ基板間距離 D の最適値は、直線状導体 31、35 どうしのピッチ P とほぼ同一の約 3.5 mm であり、これを中心として $\pm 50\%$ 程度 (約 1.7 mm ~ 約 4.7 mm) が、膜質からみたアンテナ基板間距離 D の許容範囲であることがわかった。これは、アンテナ基板間距離 D がこの許容範囲内にあれば、電磁界が効率よく電離作用を引き起こしていることを裏付けるものである。

【0034】

また、アンテナ基板間距離 D が、最適値 (約 3.5 mm) からの許容範囲上限に近い約 4.5 mm のときの成膜状況を、図 4 (b) に示してある。このとき成膜される膜厚は、アレイアンテナ 20 の直線状導体 31、35 に対応する位置ではより厚く形成されるが、直線状導体 31、35 から離れるにつれて薄くなり、その結果、一定の間隔を保って配置された直線状導体 31、35 に対応して、各基板 40 には厚膜部分と薄膜部分とが交互になった縞模様が形成される。

【0035】

そこで、成膜中に基板 40 を、アレイアンテナ 20 の直線状導体 31、35 が

並んだ方向に沿って所定ストロークだけ繰り返し往復動させることで、このような縞模様の形成を回避することができる。このときの往復動ストローク S は、図 4 (c) に示すように、直線状導体 31、35 どうしのピッチ P (約 35 mm) の 2 倍程度 ($S \simeq 2P$) の長さ、すなわち、アレイアンテナ 20 の隣り合うアンテナ素子 30、30 間のピッチ (70 mm) に相当する長さに設定することが好ましい。これは、例えば、直線状導体 31 に対応する位置と直線状導体 35 に対応する位置とで厳密には成膜状態が異なっているとしても、隣り合うアンテナ素子 30、30 の直線状導体 31 から直線状導体 31 まで、または直線状導体 35 から直線状導体 35 まで、成膜状態が同一と考えられる 2 点間を往復動させることで、各基板 40 の表面には縞模様のない均一な微結晶薄膜が形成されると期待されるからである。

【0036】

実験したところ、成膜中に基板 40 を、アレイアンテナ 20 の隣り合うアンテナ素子 30、30 間のピッチ (70 mm) に相当するストロークだけ繰り返し往復動させることによって、各基板 40 の表面には縞模様のない均一な微結晶薄膜が形成されることが確認された。

【0037】

したがって、アンテナ基板間距離 D を、直線状導体 31、35 どうしのピッチ P (約 35 mm) とほぼ同一の最適値を中心とする $\pm 50\%$ 程度の許容範囲内で、最適値付近に設定すれば、成膜中に基板 40 を往復動させることなく、良好な膜質の微結晶薄膜が均一の膜厚で形成され、また、最適値から離れても許容範囲内に設定すれば、成膜中に基板 40 を所定ストロークだけ繰り返し往復動させることで、縞模様のない良好な膜質の微結晶薄膜が均一の膜厚で形成されることが確認された。

【0038】

また、成膜速度については、図 5 (b) に示すように、アンテナ基板間距離 D が約 40 mm のときに最大値を示し、アンテナ基板間距離 D がこれより大きくても小さくても、成膜速度は低下することがわかる。

【0039】

膜質については、図5 (a) に示すように、アンテナ基板間距離Dが直線状導体31、35どうしのピッチPとほぼ同一の約35mmであるとき最適値を示すのに対し、成膜速度については、図5 (b) に示すように、アンテナ基板間距離Dが膜質最適値の距離約35mmより遠い約40mmのときに最大値を示しているが、この原因の1つは、基板40をアレイアンテナ20に近づけすぎると、アレイアンテナ20の直線状導体31、35の周囲に発生する電磁界が基板40を通り抜けたり漏れたりするからだと考えられる。

【0040】

そこで、アンテナ基板間距離Dをその許容範囲内で最適値（約35mm）より狭く設定する場合は、基板40の裏面に金属製の裏板を設けることが好ましい。この金属製の裏板によって電磁界を反射させ、VHF電力を効率的にプラズマに吸収させることができるからである。

【0041】

また、上記の成膜プロセスにおいて、成膜室10内の原料ガス圧力をいろいろ変更して実験したところ、図5 (c) に示すような結果が得られた。

【0042】

すなわち、図5 (c) に示すように、成膜室10内の原料ガス圧力が20Pa（パスカル）程度以下になると急に、a-Si（アモルファスシリコン）に対する μ c-Si（微結晶シリコン）の割合が大きくなり、そのため結晶性がよく、すぐれた膜質が得られることがわかる。また、成膜速度も、成膜室10内の原料ガス圧力が低い方が幾分早くなることがわかる。図5 (c) には明示していないが、成膜室10内の原料ガス圧力が60Pa（パスカル）を超えて高くなると、各基板40には、アレイアンテナ20の直線状導体31、35に対応する位置で厚く、直線状導体31、35から離れるにつれて薄く、一定の間隔を保って配置された直線状導体31、35に対応して厚膜部分と薄膜部分とが交互になった縞模様が形成される。そして、成膜室10内の原料ガス圧力が60Pa（パスカル）以下であれば、このような縞模様が実質的に形成されず、実質的に良好な膜質が得られ、また、実用的な成膜速度が得られることを確認した。

【0043】

上記したさまざまな事項は、微結晶薄膜の成膜について実験により確認された事柄であるが、これらの実験で得られた確認事項については、その他の薄膜（例えば a-Si、SiN、DLC 等）を成膜する場合も同様の傾向をもってあてはまるものであることはいうまでもない。

【0044】

また、上記の説明では、直線状導体 31、35 どうしのピッチ P が約 35 mm であるため、アンテナ基板間距離 D の最適値は約 35 mm、また許容範囲は約 17 mm～約 47 mm であるが、直線状導体 31、35 どうしのピッチ P がこれ以外の数値に設定された場合は、当然に、アンテナ基板間距離 D の最適値はその設定された直線状導体 31、35 どうしのピッチ P にほぼ等しく、また、許容範囲はそのアンテナ基板間距離 D を中心として ±50% 程度となることはいうまでもない。

【0045】

以上のように、このプラズマ CVD 装置 1（アンテナ式の誘導結合型プラズマ CVD 装置）を使用して成膜形成処理を行なうと、一度に、1 組のアレイアンテナ 20 につきその両側に 1 枚ずつで合わせて 2 枚の基板 40 の表面に成膜することができ、図示のように 3 組のアレイアンテナ 20a、20b、20c が成膜室 10 内に設置してある場合は、一度に、各アレイアンテナ 20 ごとにその両側に 1 枚ずつで合わせて 2 枚、全体で合計 6 枚の基板 40 の表面に成膜することができる。

【0046】

しかも、各アレイアンテナ 20 は、複数個のアンテナ素子 30 で構成されるもので、アンテナ素子 30 の個数（図示の例では 6 個）は、成膜室 10 の空間サイズが許す限り、原理的にはいくらでも増やせるものであるから、各基板 40 を大型化するうえで、図 1 の左右方向には原理的制約がないといえる。

【0047】

一方、図 1 の上下方向に各基板 40 を大型化するには、各アンテナ素子 30 の直線状導体 31、35 の長さを長くしなければならない。この直線状導体 31、35 の長さを長くするうえで有効なはたらきをするのが、直線状導体 31 の周囲

に設けられた誘電体パイプ 33 である。この誘電体パイプ 33 がいない場合、直線状導体 31 はその上端が高周波電力供給部であるから、この高周波電力供給部から下方へある程度の長さまでしかプラズマが発生せず、そのため直線状導体 31、35 の長さが限られてしまう。この誘電体パイプ 33 があることで、プラズマの発生領域を下方まで延ばすことができる。

【0048】

そして、この誘電体パイプ 33 の肉厚を、両端間で一定に保って加減したり、または長さ方向に加減することで、直線状導体 31、35 から基板 40 に作用するプラズマを均一密度に保つように設定することができる。また、誘電体パイプ 33 の肉厚を変えることは、実質的にアンテナ基板間距離 D を調整することになるから、結晶性や成膜速度を所望に変更するうえで、誘電体パイプ 33 の肉厚の最適化を利用することができる。

【0049】

また、プラズマ誘電率とアンテナ形状との整合がとれない場合は、例えば、フィードスルー 32 を構成する誘電体の厚さを変えることで整合させたり、あるいは、各アンテナ素子 30 の直線状導体 31、35 の端部または結合部材 38 に適宜のインピーダンスを装荷することで、整合をとることが可能である。

【0050】

上記したように、このプラズマ CVD 装置 1（アンテナ式の誘導結合型プラズマ CVD 装置）は、大型基板に高品質で均一膜厚の a-Si（アモルファスシリコン）薄膜を形成できる薄膜形成装置として使用することができ、また、a-Si 薄膜単独のものに比べて変換効率の向上を図るため、基板に a-Si 薄膜と μ c-Si（微結晶シリコン）薄膜とを積層したハイブリッド構造の薄膜を形成できる薄膜形成装置として使用することもできる。

【0051】

なお、上記の実施の形態では、成膜室 10 を 1 つだけ図示して説明したが、これに限定するものでなく、例えば、p 型成膜用、i 型成膜用、n 型成膜用など複数の成膜室 10 を並べて、それらの成膜室 10 に基板搬送体 60 の搬入・搬出を繰り返すことで、例えば電力用太陽電池を効率よく製造することが可能である。

【0052】

【発明の効果】

この発明は以上のように、平行な2本の直線状導体の隣接する一端どうしを電氣的に結合し、他端の一方を高周波電力供給部、他方を接地部とするアンテナ素子を複数個用いて、これらのアンテナ素子の各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並んですべての直線状導体が平面上に等間隔で配置されたアレイアンテナを、成膜室内に設置して使用するプラズマCVD方法であって、前記アレイアンテナと、このアレイアンテナの両側において前記平面に平行に配置される成膜用の各基板との距離を、前記直線状導体どうしのピッチと同程度に設定して前記各基板に成膜するように構成したので、平行平板型（容量結合型）プラズマCVD装置に比べて、成膜室内で一度に成膜できる基板の枚数を増やせるとともに、成膜できる基板の大型化が容易で生産性を向上させることができ、これにより、良好な膜質の例えばa-Si薄膜またはこれに積層する μ c-Si薄膜を均一の膜厚で形成した大型基板を量産することが可能で、薄膜形成基板のコストダウンを図ることができ、しかもこの生産性の向上を、良好な膜質を得るために必要な成膜時間を削減しないで達成することができ、その結果、例えば太陽電池の量産やその他種々の用途に広く用いてきわめて好適であるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明によるプラズマCVD装置の一実施の形態を示す模式的正面図である。

【図2】

図1のプラズマCVD装置の側面図である。

【図3】

アンテナ素子の構造を示す断面図である。

【図4】

成膜状況を示す説明図である。

【図5】

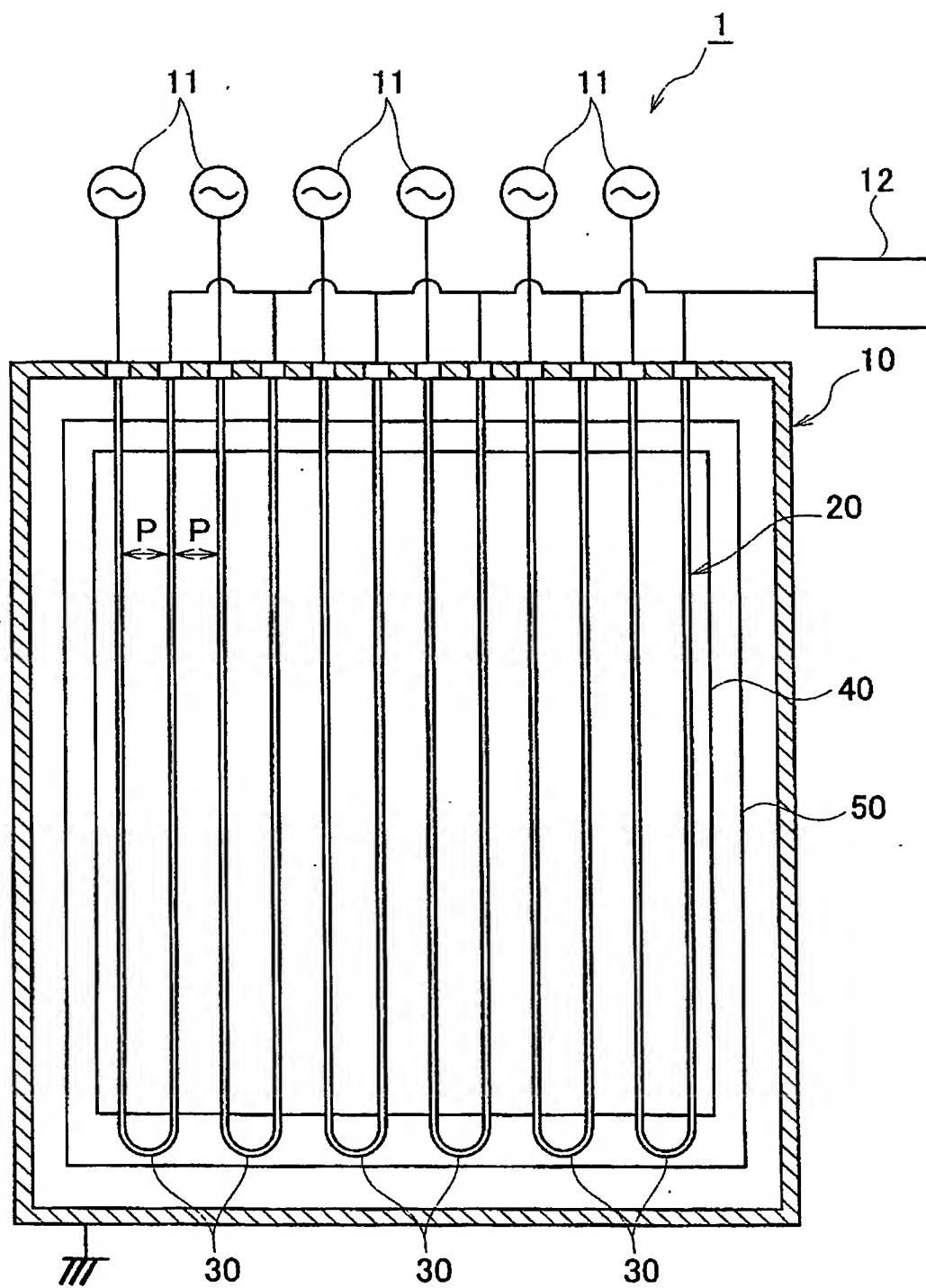
実験結果を示すグラフである。

【符号の説明】

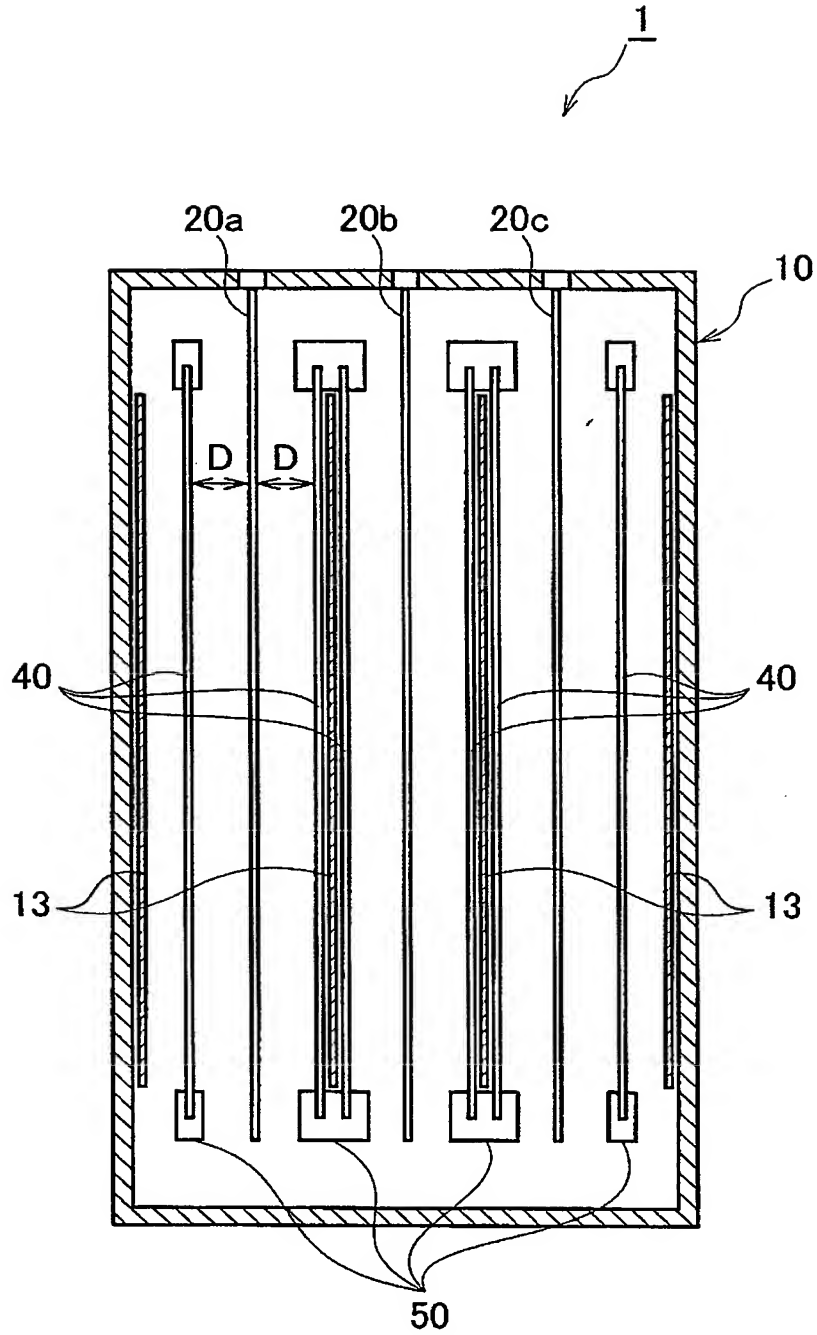
- 1 プラズマ C V D 装置
- 1 0 成膜室
- 1 1 高周波電源
- 1 2 原料ガス供給源
- 1 3 制熱装置
- 2 0 アレイアンテナ
- 3 0 アンテナ素子
- 3 1、3 5 直線状導体
- 3 2 フィードスルー
- 3 3 誘電体パイプ
- 3 6 孔
- 3 8 結合部材
- 4 0 基板
- 5 0 基板ホルダ

【書類名】 図面

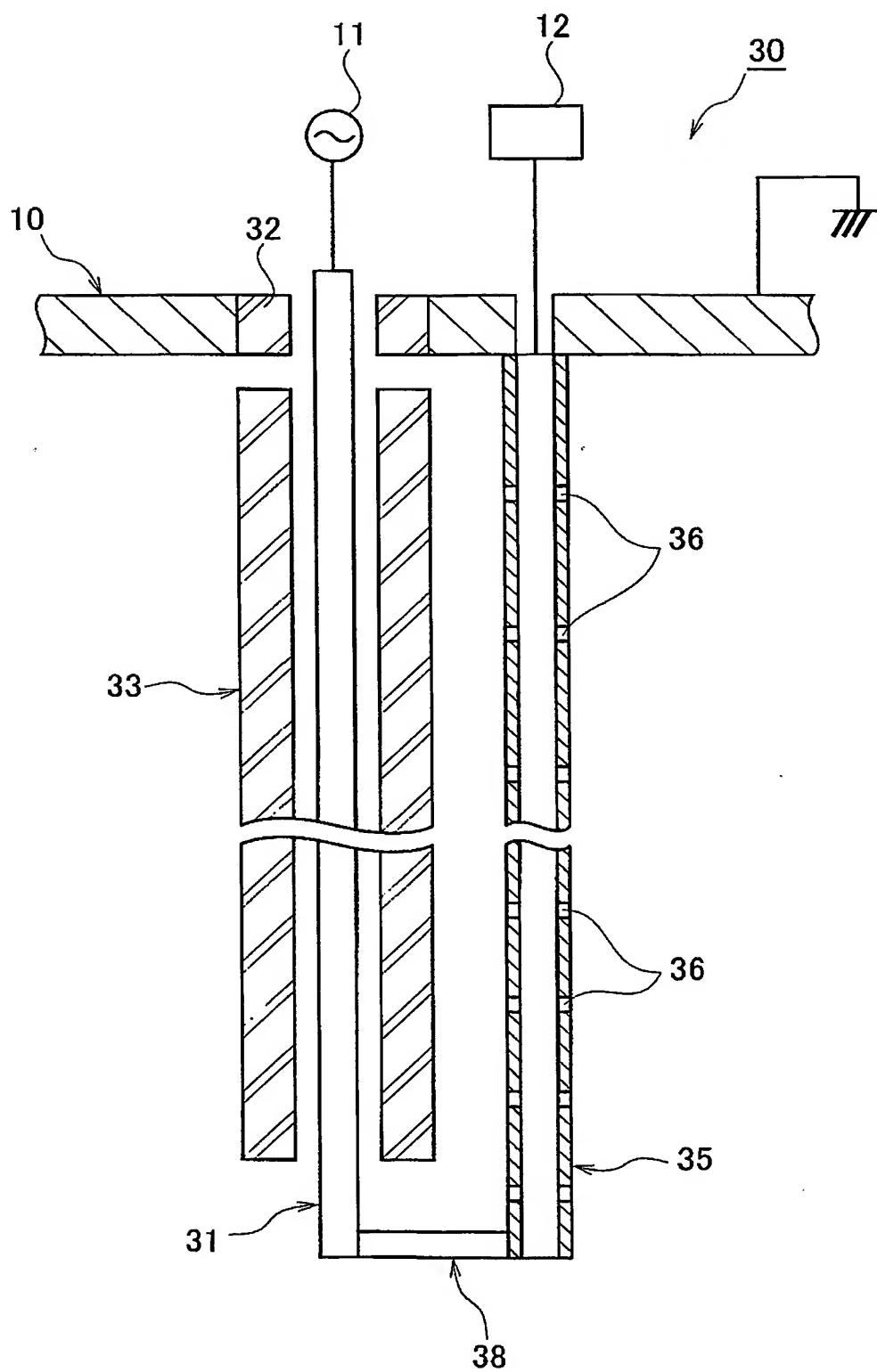
【図 1】



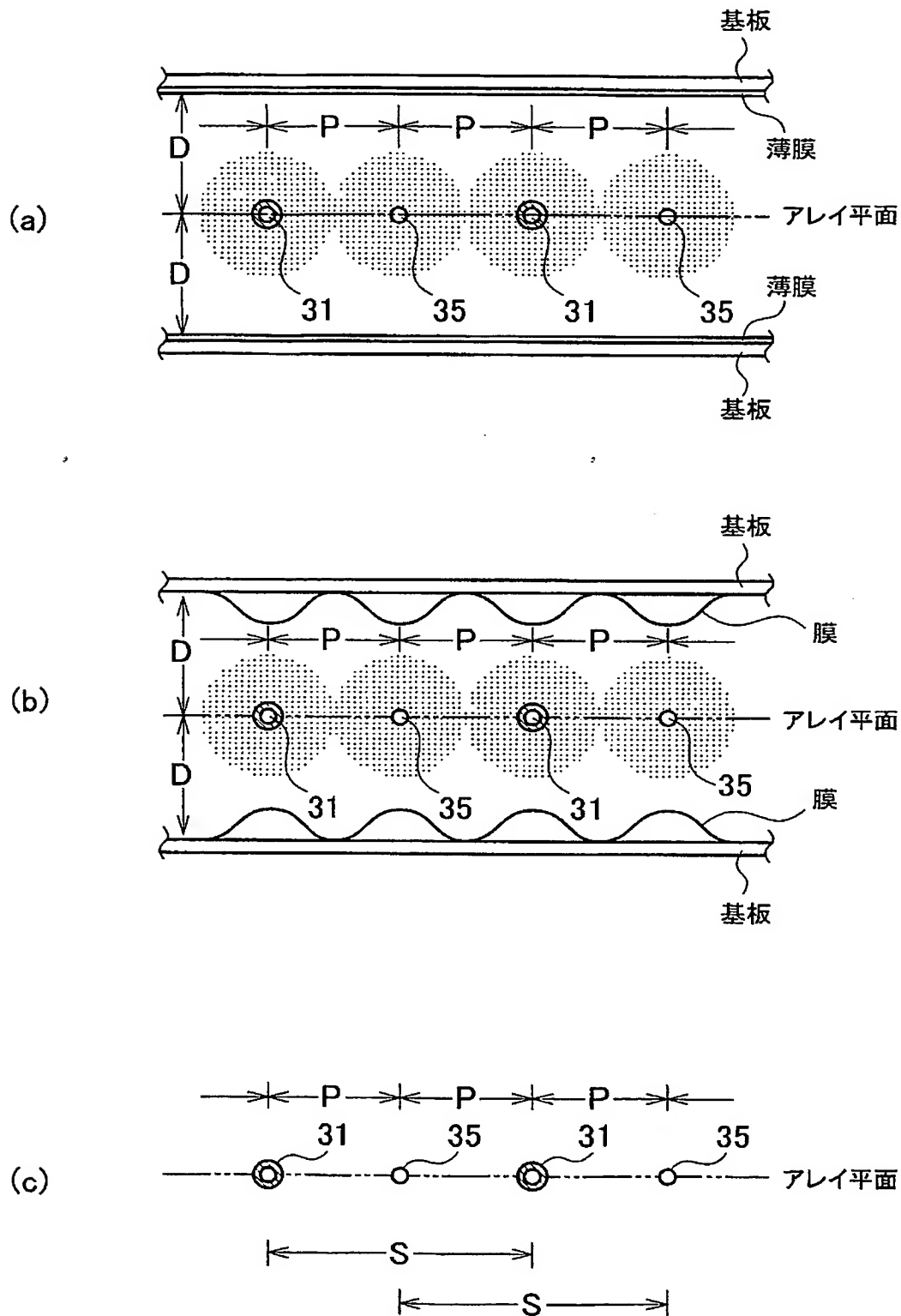
【図 2】



【図 3】

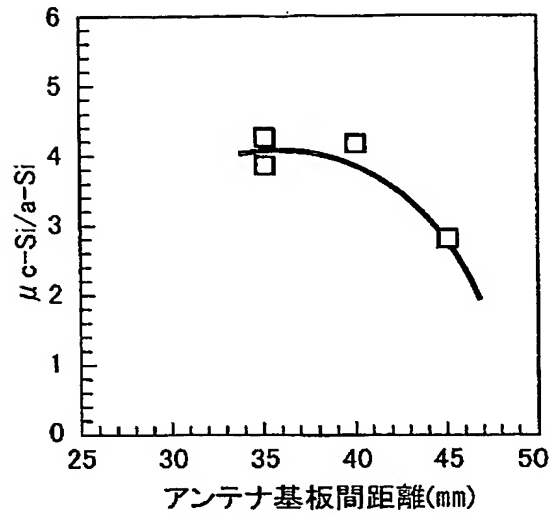


【図 4】

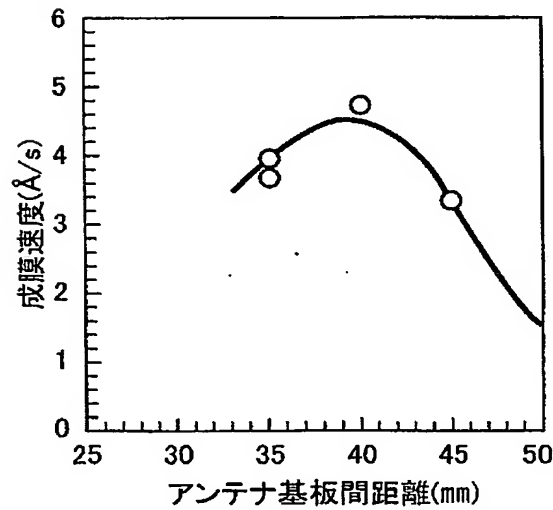


【図 5】

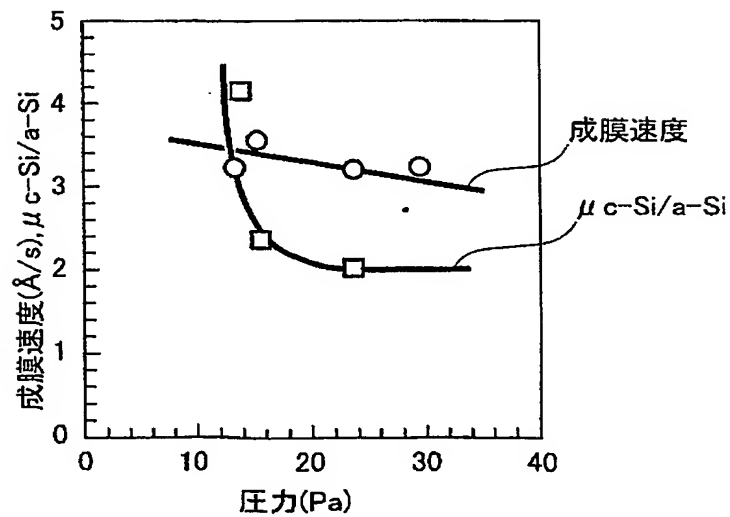
(a)



(b)



(c)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 多数枚の大型基板に一度に成膜することで生産性を向上する。しかも、良好な膜質を得るために必要な成膜時間を削減しないでこれを達成する。

【解決手段】 平行な2本の直線状導体31、35の隣接する一端どうしを電氣的に結合し、他端の一方を高周波電力供給部、他方を接地部とするアンテナ素子30を複数個用いて、これらのアンテナ素子の各高周波電力供給部と各接地部とが交互に並んですべての直線状導体が平面上に等間隔で配置されたアレイアンテナ20を、成膜室10内に設置して使用する。アレイアンテナ20と、このアレイアンテナの両側においてアレイ平面に平行に配置される成膜用の各基板40との距離Dを、直線状導体31、35どうしのピッチPと同程度に設定して成膜する。

【選択図】 図4

特願 2002-292948

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000000099]

1. 変更年月日

1990年 8月 7日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

氏 名

石川島播磨重工業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.